

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ROYAUME DE BELGIQUE



SERVICE DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION

N° 497198

demande déposée le 26 juillet 1950 à 11 h. 15' ;

brevet octroyé le 14 août 1950 ;

brevet publié le 16 novembre 1950.

WILD-BARFIELD ELECTRIC FURNACES Ltd., résidant à WATFORD (Grande
Bretagne).

DISPOSITIF ET APPAREIL DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION.

(ayant fait l'objet d'une demande de brevet déposée en Grande Bretagne le 26 juillet 1949 conjointement avec R.H. Barfield - déclaration de la déposante -).

La possibilité de chauffer des récipients en acier par chauffage par induction à basse fréquence (le récipient constituant le circuit secondaire dans lequel passent les courants induits) est bien connu depuis de nombreuses années et il existe plusieurs cas de mise en pratique de ce système, en particulier dans l'industrie chimique.

Ce mode de chauffage présente toutefois divers inconvénients qui ont empêché son usage étendu, dont le principal est le très bas facteur de puissance (de l'ordre de 0.3) et le bas rendement du chauffage.

La présente invention a pour but de réduire ou de vaincre en grande partie ces inconvénients et de prévoir un chauffage par induction à basse fréquence avec un facteur de puissance plus élevé et un plus haut rendement de transfert de chaleur que cela n'a été possible jusqu'à présent.

D'une part, l'invention prévoit un dispositif de chauffage par induction à basse fréquence dans lequel les courants induits s'écoulent dans une mince coquille ou enveloppe métallique entourant (ou pouvant, dans certains cas constituer) le récipient.

D'un autre côté, l'invention prévoit un récipient entouré d'une coquille ou enveloppe conductrice dont l'épaisseur et les propriétés physiques sont choisies de manière à obtenir substantiellement un rendement maximum de transfert de chaleur et un facteur de puissance maximum lorsque le récipient est chauffé par induction à une fréquence déterminée.

L'épaisseur de la coquille est choisie de manière à produire pour le métal et la dimension utilisés, le meilleur compromis entre facteur de puissance élevé et haut rendement d'échange de chaleur. Ces desiderata ne sont pas atteints par la même valeur de la résistance de la coquille (c'est-à-dire par la même épaisseur) de sorte qu'un compromis est nécessaire. Ceci apparaîtra clairement en considérant le cas d'un anneau conducteur placé dans un champ magnétique provenant d'un solénoïde parcouru par

un courant alternatif de valeur constante. La chaleur engendrée dans l'anneau est proportionnelle $E^2 \times \frac{R}{R^2 + X^2}$ où E est la f.e.m. produite dans

l'anneau qui reste constante, x la réactance de l'anneau également constante et R la résistance. Si on fait varier R de zéro à l'infini on peut aisément démontrer que cette expression présente une valeur maximum lorsque $R = X$ et cela constitue la condition optimum pour le chauffage par induction de l'anneau. Le facteur de puissance du circuit consistant en le solénoïde et l'anneau à l'intérieur, atteint toutefois son maximum lorsque R est très petit par rapport à X.

Le cas de cet anneau conducteur est typique de toutes les charges de chauffage par induction, l'anneau consistant en général en la mince enveloppe de courant circulant à la périphérie de la charge. La résistance et la réactance de cette enveloppe (qui dépendent des dimensions et propriétés physiques de la matière qui, à leur tour, sont choisies ou fixées par le constructeur pour des raisons relatives à la force de résistance et à la capacité du récipient) ne tombent pas normalement au pouvoir du constructeur, sauf pour autant qu'il puisse varier la fréquence. En pratique, il est habituellement si pas toujours, le cas que cette réactance et cette résistance de ladite enveloppe sont très éloignées des valeurs optimum telles que définies ci-dessus.

Cela est en particulier le cas avec des récipients circulaires en acier dans lesquels les propriétés magnétiques de l'acier ont pour résultat un rapport de réactance à résistance fortement différent de ces conditions optimum.

En prévoyant une gaine ou enveloppe extérieure en matériau non magnétique autour du récipient, on peut réaliser des conditions, par un choix adéquat des épaisseur et propriétés physiques de la gaine qui donnent naissance à un circuit équivalent ayant un rapport résistance-réactance de n'importe quelle valeur désirée entre des limites relativement larges. Il est ainsi possible d'assurer que ce rapport sera celui fournissant la combinaison la plus désirable de facteur de puissance et de rendement pour les circonstances particulières d'emploi de l'appareillage.

L'épaisseur de la "peau" conductrice sur le récipient pour cette combinaison optimum n'est pas susceptible d'être dérivée d'une théorie précise. Cela résulte de ce que le calcul mathématique est extrêmement compliqué et seulement capable de fournir une solution simple dans le cas d'une sphère exacte ou autre forme géométrique de base d'un solide. Actuellement, on travaille suivant une formule empirique :

$$t \times d = C$$

dans laquelle t est l'épaisseur de l'enveloppe ou coquille, d le diamètre et C une valeur à déduire d'après une série d'expériences sur des récipients de diverses dimensions. Jusqu'au point où l'on est arrivé à présent, il semble que C est approximativement constant pour des récipients cylindriques ayant un rapport constant de diamètre/longueur, la valeur de cette constante étant d'environ 0.12, t et d étant mesurés en pouces.

Certaines considérations pratiques détermineront la nature de la gaine. Elle doit, naturellement, pouvoir être portée à la température de fonctionnement de l'appareillage sans dommages et il est désirable que son coefficient de dilatation thermique ne soit pas trop différent de celui du récipient lui-même. De plus, la résistivité de la matière doit être telle que l'épaisseur de la gaine requise tombe dans des limites pratiques.

La condition fournissant le facteur de puissance optimum est telle que l'épaisseur de la gaine requise diminue au fur et à mesure de l'augmentation du diamètre du récipient et cela s'applique également à la condition de rendement maximum.

Les dimensions exactes de la gaine seront également différentes pour des récipients de différentes formes. La manière dont ces valeurs

varieront d'après la grandeur et forme du récipient est plutôt compliquée mais une indication de l'épaisseur à utiliser dans n'importe quel cas particulier est donnée en considérant le cas d'un récipient cylindrique complètement non-magnétique de diamètre d_2 longueur l_2 et épaisseur t_2 en matière homogène ayant une résistivité de P_2 .

Dans un tel cas, le rapport entre la puissance requise et la puissance emmagasinée est : $\frac{1/2 K^2 \sin^2 \varphi_2}{1 - K^2 \sin^2 \varphi_2}$ dans lequel K est

le coefficient de couplage du circuit et $\tan \varphi_2$ est le rapport de la réactance à la résistance du secondaire (c'est-à-dire la coquille). La condition optimum du secondaire est celle qui fournit la plus grande quantité de chaleur utile pour une puissance requise donnée K V A. On peut démontrer que cela se produit quand $\varphi_2 = 60^\circ$

On peut également démontrer que

$$\tan \varphi_2 = \frac{2 \pi^2 d^2 f^2 t_2 \times \alpha_2}{P_2}$$

dans lequel f est la fréquence à utiliser et α_2 est un coefficient dépendant de la géométrie du dispositif et qui peut être évalué d'après la formule $\alpha = \frac{1}{1 + \frac{d_2^2}{2l_2}}$

De là, on peut calculer l'épaisseur t_2 d'un récipient non-magnétique présentant ce rapport optimum.

Si on applique la gaine à un récipient en acier, la question est plus complexe, mais on peut se faire, de cette manière, une idée de l'ordre de grandeur de l'épaisseur requise.

Le matériau conducteur utilisé pour la gaine peut être n'importe quel matériau conducteur convenable tel que du cuivre, bronze, acier inoxydable ou nickel et dans certain cas une gaine de matière magnétique peut être requise pour donner les meilleurs effets.

La coquille ou gaine peut être appliquée de n'importe quelle manière convenable et peut être appliquée de manière à couvrir complètement la paroi du récipient ou par bandes séparées. Elle peut adhérer de manière serrée au récipient ou en être espacée par une mince couche isolante (par exemple de l'air) de sorte qu'un vrai contact entre le récipient et la coquille n'est pas essentiel.

Avec des récipients de grand diamètre, l'épaisseur de métal à appliquer est petite et il est possible de l'appliquer par galvanoplastie ou pulvérisation de métal.

Quelques réalisations de l'invention seront décrites avec quelques détails à titre d'exemple et en se référant au dessin annexé qui illustre schématiquement une forme de réalisation de l'invention.

Suivant un exemple, le récipient 1 est en acier et d'un diamètre de 7 1/2 pouces. Lorsqu'on le chauffe dans un four représenté schématiquement par un solénoïde 2 alimenté en courant alternatif d'une fréquence de 50 cycles par seconde, le facteur de puissance est d'environ 0.3 et le rendement d'environ 60%. Ce récipient fut revêtu de bandes de feuilles de cuivre 3 d'une largeur d'environ 1 1/2 pouce, disposées l'une à côté de l'autre, autour de la circonférence du pot. On intercale une isolation thermique 4 entre le récipient et le solénoïde. On a alors trouvé qu'un rendement maximum d'environ 75% était obtenu lorsque l'épaisseur du cuivre était d'approximativement de 10 millièmes de pouce et le facteur de puissance était alors considérablement plus élevé (de l'ordre de 0.7). Des facteurs de puissance plus élevés furent même obtenus en augmentant cette épaisseur à 30 millièmes de pouce. On a utilisé la fréquence de 50 cycles par seconde et on a obtenu une température de 370°C dans le récipient.

Dans un autre exemple, le récipient était constitué en acier doux et d'un diamètre de 3'2". Lorsque entouré d'un solénoïde de 4' de diamètre x 4' de longueur consistant en une couche simple de fil de cuivre de calibre 10, enroulé de manière serrée, le facteur de puissance avec la couverture de cuivre fut de 0.48 et le rendement de 73%. Avec une "peau" de cuivre de 0.003" d'épaisseur, le facteur de puissance était de 0.65 et le rendement de 80%.

On comprendra que l'invention n'est pas limitée aux détails de la réalisation décrite à titre d'exemple, qui peut être modifiée sans s'écarter des idées larges qui sont à leur base. Dans certains cas, lorsque la matière et les dimensions sont telles que l'épaisseur requise pour les rendements et facteurs de puissance optimum a pour résultat un récipient de force adéquate, aucune gaine supplémentaire ne sera requise à condition que le récipient soit construit de l'épaisseur exacte pour donner les conditions optimum.

R E V E N D I C A T I O N S .

1. Procédé de chauffage par induction à basse fréquence, d'un récipient, qui consiste à induire des courants de chauffage dans une mince coquille en métal entourant le récipient.
2. Récipient pour matériaux à chauffer par induction à basse fréquence entouré d'une coquille ou gaine dont l'épaisseur et les propriétés physiques sont telles que l'on obtient substantiellement le rendement maximum de transfert de chaleur et le facteur de puissance maximum, lorsque l'on chauffe le récipient par induction, à une fréquence déterminée.
3. Dans un four à induction à basse fréquence, un récipient, une coquille ou gaine conductrice entourant le récipient et portant les courants induits, les dimensions et propriétés physiques de la coquille étant telles que l'on obtient le meilleur compromis entre haut facteur de puissance et haut rendement de transfert de chaleur.
4. Récipient devant être chauffé dans un four à induction à basse fréquence, avec une coquille enveloppante dans laquelle passent les courants induits, l'épaisseur de cette coquille étant située entre l'épaisseur qui donnerait le rendement maximum de transfert de chaleur et celle qui donnerait le plus haut facteur de puissance à la fréquence devant être utilisée par quoi l'on obtient un compromis entre ces maxima.
5. Un récipient à chauffer dans un four à induction à basse fréquence, muni d'une coquille ou gaine enveloppante dans laquelle les courants induits s'écoulent, l'épaisseur t de la gaine étant déduite de la formule $t \times d = C$, dans laquelle d est le diamètre du récipient et C est une constante empirique dont la valeur est d'environ 0.12 lorsque t et d sont exprimés en pouces.
6. Un récipient suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 5 dans lequel la gaine comporte plusieurs bandes.
7. Un récipient suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 6, dans lequel la gaine est pulvérisée ou appliquée par galvanoplastie sur le récipient.
8. Un récipient suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 6 dans lequel la coquille est séparée du récipient par un vide isolant.
9. Un récipient suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 6 dans lequel la coquille ou gaine constitue le récipient.
10. Un récipient tel que décrit et avec référence aux dessins annexés.
11. Les caractéristiques nouvelles ou améliorées, combinaisons

ou arrangements compris dans l'appareil décrit ou représenté aux dessins annexés.

P.Pon.WILD-BARFIELD ELECTRIC FURNACES
LIMITED.

Mandataire : Office DESGUIN.

en annexe 1 dessin.

497198

